

火山ガラス微粉末を混和材に用いたコンクリートの強度および物質透過抵抗性

金沢工業大学 学生会員 道上 大暉、荒木 大靖
金沢工業大学 正会員 花岡 大伸
(株)建設技術研究所 正会員 野村 貢

1. はじめに

日本では、火山噴出物が古くからコンクリート材料として利用されており、天然ポゾランの混和材として利用されてきた。また、クリンカー使用量の削減に繋がるために様々な研究が蓄積され¹⁾、2020年3月には JIS A 6209「コンクリート用火山ガラス微粉末」が制定された²⁾。火山ガラス微粉末は、火山灰を原材料としているため、国内生産が可能であり、そのためフライアッシュや高炉スラグ微粉末のように火力発電所や製鉄所の動向に影響されないという利点がある。しかしながら、火山ガラス微粉末を添加したコンクリートの諸特性については、他の混和材に比べて、研究事例が少ない。そこで、本研究では、比表面積が異なる2種類の火山ガラス微粉末を用いたコンクリートを作製し、圧縮強度及び物質透過抵抗性(遮水性、遮塩性)について調べた。

2. 実験概要

本研究で使用した火山ガラス微粉末の成分を表1に、実験に使用したコンクリートの配合を表2示す。また本研究では、火山ガラス微粉末の比表面積が6000、14000cm²/gのものを使用した。コンクリート

配合は3種類のベース配合(N,FA15%,BB)を用意し、各配合におけるセメントの一部として、火山ガラス微粉末を10%置換(質量置換)した。また、混和剤としては、高性能 AE 減水剤および AE 剤を使用し、スランプが12±2.5cm、空気量が4.5±1.5%になるように調整をした。なお FA 配合では、AE2(FA 用)の AE 剤を用いて空気量を調整した。供試体は打設後の翌日に脱型し、水温 20℃の環境で水中養生し、圧縮強度試験を材齢7日、28日および91日に行った。水分浸透試験は、JSCE-G582-2018(短期の水掛かりを受けるコンクリート中の水分浸透速度係数試験方法(案))に準じて行った。なお、供試体の乾燥条件は、温度 20℃相対湿度 60%の環境で91日間とした。さらに、塩化物イオン拡散係数を求めるために、NT BUILD 492(Non-Steady State Chloride Migration (Diffusion Coefficient))に準じて、非定常電気泳動試験を行った。

表 1 火山ガラス微粉末の化学組成

	ig.loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	MgO
化学組成	3.1	80.3	9.4	1.3	1.4	1.7	2.7	0.1

表 2 コンクリート配合およびフレッシュ性状

配合	W/C(%)	s/a(%)	単位量(kg/m³)										スランプ (cm)	空気量 (%)
			W	C		FA	VGP	S	G	SP	AE			
				OPC	BB						AE1	AE2		
N	50	45	160	320	-	-	-	802	984	1.70	0.48	-	12.5	4.5
N6000				288			32	798	979	4.32	0.64		14.0	4.5
N14000										5.76	1.28		14.5	4.9
FA				272	48	-	796	976	1.76	-	0.96	14.0	3.5	
FA6000				240		32	791	971	3.52		1.28	13.5	4.1	
FA14000									4.96		1.92	14.0	3.5	
BB				-	320	-	-	798	979	1.12	0.96	-	13.5	3.5
BB6000					288		32	794	974	3.04	1.60		14.0	3.5
BB14000										5.12	2.24		13.5	3.6

OPC: 普通ポルトランドセメント(密度 3.16g/cm³)、BB: 高炉セメント B 種(密度 3.08g/cm³)、FA: フライアッシュ(Ⅱ種灰)(密度 2.30g/cm³)、VGP: 火山ガラス微粉末(密度 2.30g/cm³)、比表面積 6000、14000cm²/g、S: 細骨材(密度 2.57g/cm³)、G: 粗骨材(密度 2.58g/cm³)、SP: 高性能 AE 減水剤、AE1: AE 剤、AE2: FA 用 AE 剤

3. 実験結果および考察

図 1 に圧縮強度試験の結果を示す。材齢 28 日以降の圧縮強度をみると、N14000 のみがベース配合以上の圧縮強度であった。また、火山ガラス微粉末の添加による材齢 28 日以降の強度増進はいずれの配合でも確認されず、FA 配合、BB 配合においては、91 日の強度がベース配合と同等か低い値となった。この理由として、JIS A6209 2020「コンクリート用火山ガラス微粉末」の解説によると、比表面積 $80000\text{cm}^2/\text{g}$ のⅠ種では強度向上が期待され、比表面積 $10000\text{cm}^2/\text{g}$ のⅢ種ではアルカリ骨材反応の抑制および塩分浸透抑制効果が期待される³⁾とされている。したがって、本研究で使用した火山ガラス微粉末は、強度よりも塩分浸透の抑制効果などの耐久性の向上に寄与するものと考えられる。

次に図 2 に水分浸透試験で水分浸透速度係数を示す。これによると配合によらず、火山ガラス微粉末を添加することで、水分浸透速度係数が小さくなることを確認され、火山ガラス微粉末の比表面積が大きいほど、水分浸透の抑制効果が高いことが分かる。

最後に図 3 に非定常電気泳動試験の結果から求めた塩化物イオン拡散係数の結果を示す。水分浸透試験の結果と同様、配合によらず、火山ガラス微粉末を添加することで、塩化物イオン拡散係数が小さくなることを確認された。この理由としては、火山ガラス微粉末のポゾラン反応により、コンクリート中の細孔構造が複雑になったためだと考えられる。

4. まとめ

- (1) 比表面積 $14000\text{cm}^2/\text{g}$, $6000\text{cm}^2/\text{g}$ の火山ガラス微粉末は、材齢 28 日以降の強度増進は認められなかったが、材齢 91 日の圧縮強度は N、BB 配合において、ベース配合と同等あるいはそれ以上であった。
- (2) すべての配合において、火山ガラス微粉末の添加により、水分浸透速度係数や塩化物イオン拡散係数が小さくなった。また、火山ガラス微粉末の比表面積が大きいほど、水分や塩分の浸透抑制効果が大きくなる。

【謝辞】本研究の成果は、令和 3 年度上田記念財団「社会資本維持補修に関する研究助成」を受けたものであり、ここに謝意を示します。また、共同研究として進めるとともに、混和材を提供して頂いたシリカジャパン Inc に謝意を表する。

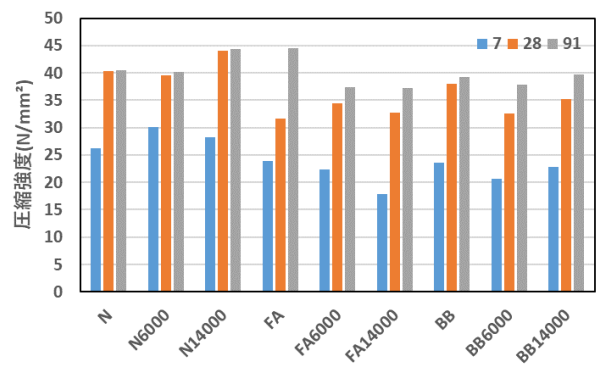


図 1 圧縮強度試験の結果

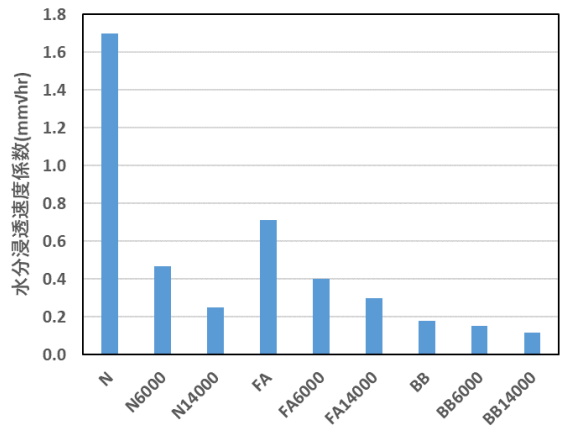


図 2 水分浸透速度係数

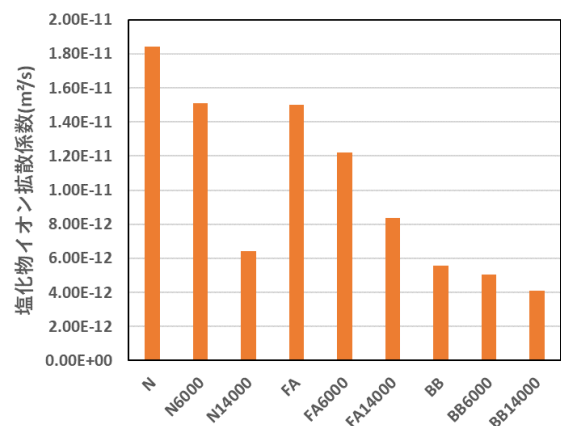


図 3 塩化物イオン拡散係数

参考文献

- (1) 友寄 篤、野口貴文、袖山研一、東和郎：火山ガラス微粉末と粘土微粉末の粉体特性と流動性に与える影響、セメント・コンクリート論文集、Vol.72、第 1 巻、pp.483-455、2018 年
- (2) コンクリート用火山ガラス微粉末の JIS 制定
<https://www.meti.go.jp/press/2019/03/20200323001/20200323001-2.pdf> (参照 2021-11-26)
- (3) コンクリート用火山ガラス微粉末の JIS 規格
file:///C:/Users/Owner/OneDrive/Downloads/jis_a_06209_000_000_2020_j_ed10_ch.pdf (参照 2022-1-26)